

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の送受信装置及び第 2 の送受信装置と、それらに共通にもしくは個々に接続されるアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する複数の素子の各々の信号と前記第 1 の送受信装置との間で各入出力信号の振幅及び位相を変える第 1 の振幅位相可変器と、前記アンテナアレーを構成する複数の素子の各々の信号と前記第 2 の送受信装置との間で各入出力信号の振幅及び位相を変える第 2 の振幅位相可変器とを用いて、所定の第 1 の基準方向を中心として±90度の範囲内に限定された方向から到来する少なくとも 1 つの第 1 の既知信号を生成し、前記第 1 の既知信号と、前記第 1 の送受信装置で受信され前記第 1 の振幅位相可変器を通った受信信号とを合成した第 1 の合成信号を生成し、前記第 1 の既知信号と、前記第 1 の合成信号との誤差を最小化する第 1 の振幅及び位相値を算出して該第 1 の振幅及び位相値を前記第 1 の振幅位相可変器に与え、前記第 1 の基準方向に対して反対の第 2 の基準方向を中心として±90度の範囲内に限定された方向から到来する少なくとも 1 つの第 2 の既知信号を生成し、前記第 2 の既知信号と、前記第 2 の送受信装置で受信され前記第 2 の振幅位相可変器を通った受信信号とを合成した第 2 の合成信号を生成し、前記第 2 の既知信号と、前記第 2 の合成信号との誤差を最小化する第 2 の振幅及び位相値を算出して該第 2 の振幅及び位相値を前記第 2 の振幅位相可変器に与えることを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、受信信号のレベルを所定の閾値と比較して、受信信号のレベルが前記閾値よりも大きい時に現れる信号成分を抽出し、抽出された信号成分に基づいて前記第 1 の振幅及び位相値及び第 2 の振幅及び位相値を算出することを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法。

【請求項 3】 第 1 の送受信装置及び第 2 の送受信装置と、前記第 1 の送受信装置及び第 2 の送受信装置に共通にもしくは個々に接続されるアンテナアレーと、前記アンテナアレーを構成する複数の素子の各々の信号と前記第 1 の送受信装置との間で各入出力信号の振幅及び位相を変える第 1 の振幅位相可変器と、前記アンテナアレーを構成する複数の素子の各々の信号と前記第 2 の送受信装置との間で各入出力信号の振幅及び位相を変える第 2 の振幅位相可変器と、所定の第 1 の基準方向を中心として±90度の範囲内に限定された方向から到来する少なくとも 1 つの第 1 の既知信号を生成し、前記第 1 の既知信号と、前記第 1 の送受信装置で受信され前記第 1 の振幅位相可変器を通った

(2)

特開平 11-243359

2

受信信号とを合成した第 1 の合成信号を生成し、前記第 1 の既知信号と、前記第 1 の合成信号との誤差を最小化する第 1 の振幅及び位相値を算出して該第 1 の振幅及び位相値を前記第 1 の振幅位相可変器に与え、前記第 1 の基準方向に対して反対の第 2 の基準方向を中心として±90度の範囲内に限定された方向から到来する少なくとも 1 つの第 2 の既知信号を生成し、前記第 2 の既知信号と、前記第 2 の送受信装置で受信され前記第 2 の振幅位相可変器を通った受信信号とを合成した第 2 の合成信号を生成し、前記第 2 の既知信号と、前記第 2 の合成信号との誤差を最小化する第 2 の振幅及び位相値を算出して該第 2 の振幅及び位相値を前記第 2 の振幅位相可変器に与える指向特性制御手段とを設けたことを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナ装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載の移動通信基地局用アレーアンテナ装置において、前記アンテナアレーを構成する素子の数を 3 とし、前記 3 つの素子を水平面に正三角形に配列し、前記 3 つの素子の間隔を 0.40 波長以上、0.50 波長以下の範囲内に定めたことを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロセル移動通信に適用できる移動通信基地局用アレーアンテナ装置及びその制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、マイクロセル移動通信では、無線基地局が周辺の建物よりも低い場所（公衆電話ボックスや電柱など）に配置されるため、電波が道路沿いに直進あるいは反射しながら伝搬する。このような場合、図 13 に示すように無線ゾーンは道路沿いに形成されるので、見通し外はエリア外となる。従って、面的なエリアを確保するためには多数の基地局を配置する必要がある、設置コストがかかるという問題がある。この対策として、基地局アンテナを周辺の建物よりも高い場所に設置する方法がある。

【0003】図 14 は基地局をビルの屋上に設置した場合と電柱に設置した場合の通話エリアを示している。図 14 に示すように、基地局を高所に設置するとアンテナから見通せる領域が広くなり、伝搬損失も小さくなるため、低基地局によって生じる不感地を少ない基地局で解消できる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、基地局アンテナを屋上などの高い場所に配置した場合、隣接する基地局からの干渉波の伝搬損失も小さくなるため、図 15 に示すように端末から到来する電波の他に、隣接基地局からの不要な電波も多数到来する可能性がある。従って、基地局間の干渉が問題になる。

【0005】例えば、個々の基地局が使用可能なチャネ

50

3

ルを探索して動作する自立分散制御方式を用いたシステムでは、到来する干渉波が増えると干渉波がチャネルをつぶしてしまうため、空きチャネルが少なくなり、最悪の場合空きチャネルがなく基地局を動作させることができないという問題が生じる。隣接の基地局からの干渉波を低減する方法としては、指向性アンテナを用いる方法が有効である。例えば、図16に示すように指向性アンテナのヌル方向を干渉波の方向に向けることによりアンテナで受信される干渉波の数を低減することができる。

【0006】干渉波の到来方向は一般に未知である。このような未知の干渉波に対して指向性のヌルを向ける方法は、例えば文献(R. A. Mongingo, et. al., "Introduction to Adaptive Array", New York & Sons, 1980)に示されている。すなわち、アレー構成のアンテナを用い、アレーアンテナの各エレメントの信号に振幅及び位相の重みづけができるような構成とする。そして、重みづけ後の信号の合成信号と所望の信号との誤差を最小にするように、適応制御を用いて重み(振幅及び位相値)を決定する。これにより、所望信号と相関のない干渉波に対してアンテナの指向性のヌルをむけることができる。

【0007】しかし、従来技術の指向性アンテナを用いて干渉波を低減する場合には、干渉波と同じ方向に存在する通信端末に対しては、干渉波と同様にアンテナの利得が低くなるため、通信品質が大きく劣下し、場合によっては通信ができなくなる可能性があった。本発明は、移動通信基地局用アレーアンテナ装置及びその制御方法において、隣接基地局からの干渉波を低減すると共に、通信端末に対するアンテナの指向特性を広い円形のエリアにすることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法は、第1の送受信装置及び第2の送受信装置と、それらに共通にもしくは個々に接続されるアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する複数の素子の各々の信号と前記第1の送受信装置との間で各入出力信号の振幅及び位相を変える第1の振幅位相可変器と、前記アンテナアレーを構成する複数の素子の各々の信号と前記第2の送受信装置との間で各入出力信号の振幅及び位相を変える第2の振幅位相可変器とを用いて、所定の第1の基準方向を中心として±90度の範囲内に限定された方向から到来する少なくとも1つの第1の既知信号を生成し、前記第1の既知信号と、前記第1の送受信装置で受信され前記第1の振幅位相可変器を通った受信信号とを合成した第1の合成信号を生成し、前記第1の既知信号と、前記第1の合成信号との誤差を最小化する第1の振幅及び位相値を算出して該第1の振幅及び位相値を前記第1の振幅位相可変器に与え、前記第1の基準方向に対して反対の第2の基準方向を中心として±90度の範囲内に限定された方向から到来する少なくとも1つの第2の既知信号を生成し、前記第2

(3)

特開平11-243359

4

の既知信号と、前記第2の送受信装置で受信され前記第2の振幅位相可変器を通った受信信号とを合成した第2の合成信号を生成し、前記第2の既知信号と、前記第2の合成信号との誤差を最小化する第2の振幅及び位相値を算出して該第2の振幅及び位相値を前記第2の振幅位相可変器に与えることを特徴とする。

【0009】本発明によれば、第1の送受信装置に対するアンテナの指向特性と第2の送受信装置に対するアンテナの指向特性とは互いに独立に調整される。また、第1の送受信装置に対するアンテナの指向特性のヌル方向と第2の送受信装置に対するアンテナの指向特性のヌル方向とが互いに反対方向に形成されるため、第1の送受信装置と第2の送受信装置とを含む基地局全体としてのアンテナの指向特性を、円形に近づけることが可能である。

【0010】第1の送受信装置に対するアンテナの指向特性を決定する第1の振幅及び位相値は、第1の合成信号と第1の既知信号との誤差を最小化するように決定される。第1の既知信号は、第1の基準方向を中心として±90度の範囲内に限定された方向から到来する少なくとも1つの所望波に相当する。従って、第1の振幅及び位相値を第1の振幅位相可変器に与えると、第1の送受信装置に対するアンテナの指向特性においては、第1の基準方向を中心として±90度の範囲内ではアンテナ利得の分布が平坦になり、第1の基準方向とは反対の第2の基準方向を中心として±90度の範囲内にヌル点が形成される。

【0011】このため、第1の送受信装置については第2の基準方向に近い方向から到来する干渉波の影響を低減できる。第1の基準方向を中心として±90度の範囲内の方向から到来する所望波は、減衰することなく第1の送受信装置で受信される。一方、第2の送受信装置に対するアンテナの指向特性を決定する第2の振幅及び位相値は、第2の合成信号と第2の既知信号との誤差を最小化するように決定される。第2の既知信号は、第2の基準方向を中心として±90度の範囲内に限定された方向から到来する少なくとも1つの所望波に相当する。

【0012】従って、第2の振幅及び位相値を第2の振幅位相可変器に与えると、第2の送受信装置に対するアンテナの指向特性においては、第2の基準方向を中心として±90度の範囲内ではアンテナ利得の分布が平坦になり、第2の基準方向とは反対の第1の基準方向を中心として±90度の範囲内にヌル点が形成される。このため、第2の送受信装置については第1の基準方向に近い方向から到来する干渉波の影響を低減できる。第2の基準方向を中心として±90度の範囲内の方向から到来する所望波は、減衰することなく第2の送受信装置で受信される。

【0013】従って、所望波と干渉波の到来方向が近い場合であっても、所望波と干渉波の到来時刻(スロッ

10

20

30

40

50

5

ト)が異なる場合には所望波を受信できる。例えば、第1の送受信装置の指向特性のヌル点を干渉波に向けると、第2の送受信装置の指向特性においては所望波に対してアンテナ利得が低下しないので、第2の送受信装置で所望波を受信できる。送信についても同様である。

【0014】請求項2は、請求項1記載の移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、受信信号のレベルを所定の閾値と比較して、受信信号のレベルが前記閾値よりも大きい時に現れる信号成分を抽出し、抽出された信号成分に基づいて前記第1の振幅及び位相値及び第2の振幅及び位相値を算出することを特徴とする。制御対象基地局の信号と干渉波とのスロットタイミングが同期していない場合には、1つのスロットの途中で干渉波が発生又は消滅することになる。各スロット内の全時間にわたって検出される信号に基づいてアンテナの指向特性を制御すると、スロットの途中で発生又は消滅する干渉波の影響によって、誤動作が生じる可能性がある。

【0015】例えば、スロットの前半のみに干渉波が含まれる場合、スロット後半の干渉波の監視制御によって、干渉波を除去しないように最終的な指向特性が決定される可能性がある。本発明では、受信信号のレベルが閾値よりも大きい時に現れる信号成分を抽出し、抽出された信号成分に基づいて第1の振幅及び位相値及び第2の振幅及び位相値を算出するので、上記のような誤動作を防止できる。

【0016】請求項3の移動通信基地局用アレーアンテナ装置は、第1の送受信装置及び第2の送受信装置と、前記第1の送受信装置及び第2の送受信装置に共通にもしくは個々に接続されるアンテナアレーと、前記アンテナアレーを構成する複数の素子の各々の信号と前記第1の送受信装置との間で各入出力信号の振幅及び位相を変える第1の振幅位相可変器と、前記アンテナアレーを構成する複数の素子の各々の信号と前記第2の送受信装置との間で各入出力信号の振幅及び位相を変える第2の振幅位相可変器と、所定の第1の基準方向を中心として±90度の範囲内に限定された方向から到来する少なくとも1つの第1の既知信号を生成し、前記第1の既知信号と、前記第1の送受信装置で受信され前記第1の振幅位相可変器を通った受信信号とを合成した第1の合成信号を生成し、前記第1の既知信号と、前記第1の合成信号との誤差を最小化する第1の振幅及び位相値を算出して該第1の振幅及び位相値を前記第1の振幅位相可変器に与え、前記第1の基準方向に対して反対の第2の基準方向を中心として±90度の範囲内に限定された方向から到来する少なくとも1つの第2の既知信号を生成し、前記第2の既知信号と、前記第2の送受信装置で受信され前記第2の振幅位相可変器を通った受信信号とを合成した第2の合成信号を生成し、前記第2の既知信号と、前記第2の合成信号との誤差を最小化する第2の振幅及び位相値を算出して該第2の振幅及び位相値を前記第2の

(4)

特開平11-243359

6

振幅位相可変器に与える指向特性制御手段とを設けたことを特徴とする。

【0017】請求項4は、請求項3記載の移動通信基地局用アレーアンテナ装置において、前記アンテナアレーを構成する素子の数を3とし、前記3つの素子を水平面に正三角形に配列し、前記3つの素子の間隔を0.40波長以上、0.50波長以下の範囲内に定めたことを特徴とする。

【0018】

10 【発明の実施の形態】(第1の実施の形態) この形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成と動作を図1～図5並びに図10～図16に示す。この形態は、請求項1、請求項3及び請求項4に対応する。

【0019】図1は第1の実施の形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成の概略を示すブロック図である。図2は図1の装置における空きスロット探索処理の内容を示すフローチャートである。図3は利用可能なスロットを確保できる最大のアンテナ高を示すグラフである。図4は図1の装置における2つの送受信装置の水平面内指向特性を示すグラフである。図5は図1の装置におけるアンテナの指向性制御系の構成を示すブロック図である。

【0020】図10はアレーアンテナの具体例を示す斜視図である。図11はアレーアンテナの素子間隔と指向特性との関係を示すグラフである。図12はアンテナの水平面内指向特性を示すグラフである。図13は図1の装置が利用される環境における各基地局の配置例を示す平面図である。図14は図1の装置が利用される環境における各基地局の通話エリアの例を示す斜視図である。図15は図1の装置が受信する干渉波の経路の例を示す斜視図である。図16はアンテナの指向特性と干渉波の到来方向の例を示す平面図である。

【0021】この形態では、請求項1の第1の送受信装置、第2の送受信装置、第1の振幅位相可変器、第2の振幅位相可変器は、第1送受信装置13、第2送受信装置14、振幅位相可変部15及び16として具体化されている。また、請求項1のアンテナアレーはアレーアンテナ11及び12として具体化されている。

【0022】更に、請求項1の第1の既知信号及び第2の既知信号の到来方向は、それぞれ図2のステップS12及びS24で決定される。請求項3の指向特性制御手段は、振幅位相制御部17として具体化されている。図1を参照すると、この移動通信基地局用アレーアンテナ装置は、アレーアンテナ11、12、第1送受信装置13、第2送受信装置14及び振幅位相制御部17で構成されている。

【0023】第1送受信装置13及び第2送受信装置14は、各々、受信部112、A/D変換器18、振幅位相可変部15、送信部113、D/A変換器19、振幅位相可変部16、ロジック部114を備えている。振幅

50

(5)

特開平 1 1 - 2 4 3 3 5 9

7

8

位相制御部 1 7 は、重み保存メモリ 1 1 0 及び既知信号発生部 1 1 1 を備えている。第 1 送受信装置 1 3 に接続されたアレーアンテナ 1 1 及び第 2 送受信装置 1 4 に接続されたアレーアンテナ 1 2 は、各々、3 つの素子で構成されている。

【0 0 2 4】第 1 送受信装置 1 3 の振幅位相可変部 1 5 は、アレーアンテナ 1 1 で受信された 3 系統のそれぞれの受信信号に対して、振幅及び位相を調整する機能を有する。第 1 送受信装置 1 3 の振幅位相可変部 1 6 は、アレーアンテナ 1 1 のそれぞれの素子から送信される 3 系

【0 0 2 5】同様に、第 2 送受信装置 1 4 の振幅位相可変部 1 5 は、アレーアンテナ 1 2 で受信された 3 系統のそれぞれの受信信号に対して、振幅及び位相を調整する機能を有する。第 2 送受信装置 1 4 の振幅位相可変部 1 6 は、アレーアンテナ 1 2 のそれぞれの素子から送信される 3 系統の送信信号に対して、振幅及び位相を調整する機能を有する。

【0 0 2 6】アンテナ 1 1 又は 1 2 で受信された 3 系統の信号は、第 1 送受信装置 1 3 又は第 2 送受信装置 1 4 の振幅位相可変部 1 5 において位相及び振幅が調整された後、ロジック部 1 1 4 の内部で合成される。振幅位相可変部 1 5 における操作量である位相及び振幅の調整量を変えることにより、受信する信号に対するアレーアンテナ 1 1, 1 2 の指向特性が調整される。

【0 0 2 7】同様に、振幅位相可変部 1 6 における位相及び振幅の調整量を変えることにより、送信する信号に対するアレーアンテナ 1 1, 1 2 の指向特性が調整される。一般にアレーアンテナは指向性を有している。この指向特性においては、特定の方向に対してアンテナ利得が非常に小さくなるヌル点が形成される。振幅位相可変部 1 5, 1 6 の操作量を調整すると、アンテナ 1 1, 1 2 の指向特性のヌル点の方向を変えることができる。

【0 0 2 8】従って、図 1 6 に示すように指向特性のヌル点の方向が干渉波の到来方向と一致するように指向特性を制御すれば、干渉波の影響を低減できる。なお、図 1 においてはデジタル信号処理によって信号の振幅及び位相を調整する構成を示してあるが、アナログ信号処

$$\phi 1 = k \cdot r 1 \quad \cdots (1)$$

$$\phi 2 = k \cdot r 2 \quad \cdots (2)$$

$$\phi 3 = k \cdot r 3 \quad \cdots (3)$$

$$k = 2 \pi / \lambda \cdot (i \cdot \cos \theta o + j \cdot \sin \theta o) \quad \cdots (4)$$

i : 水平面内の X 軸方向の単位ベクトル

j : 水平面内の Y 軸方向の単位ベクトル

λ : 波長

A/D 変換器 1 8 から出力される 3 系統の受信信号は、信号選択部 3 0 を介して信号合成部 5 4, 5 5 及び 5 6 にそれぞれ印加される。信号合成部 5 4, 5 5 及び 5 6 は、それぞれ位相可変部 5 1, 5 2 及び 5 3 が出力する

理回路を用いて信号の振幅及び位相を調整するように構成を変更しても良い。

【0 0 2 9】図 1 に示すように、第 1 送受信装置 1 3 及び第 2 送受信装置 1 4 は、振幅位相制御部 1 7 と接続されている。干渉波の検出のために、第 1 送受信装置 1 3 又は第 2 送受信装置 1 4 で受信された 3 系統の信号が振幅位相制御部 1 7 に入力される。振幅位相制御部 1 7 は、アレーアンテナ 1 1 及び 1 2 の指向特性を決定する振幅及び位相値 (図 5 の P 1, P 2) を算出する。アレーアンテナ 1 1 の指向特性を決定する振幅及び位相値 P 1 は第 1 送受信装置 1 3 に与えられ、アレーアンテナ 1 2 の指向特性を決定する振幅及び位相値 P 2 は第 2 送受信装置 1 4 に与えられる。

【0 0 3 0】図 1 の装置におけるアンテナの指向特性制御系の基本構成を図 5 に示す。図 5 に示す制御系について説明する。図 1 の装置においては、信号を送信する前に、アレーアンテナ 1 1 又は 1 2 の指向特性を調整しながら空きスロットの有無を調べる。従って、そのときに図 1 の装置 (基地局) に到来する信号は全て干渉信号であり、所望波は存在しない。

【0 0 3 1】一般に、この種の指向性制御においては干渉波の成分をできる限り低減し、所望波の成分を抽出できるようにアンテナの指向特性を制御する。そこで、望ましい指向特性の検出を可能にするために、所望波の代わりの既知信号を用意してある。図 1 及び図 5 に示す既知信号発生部 1 1 1 が、所望波の代わりの既知信号を少なくとも 1 つ発生する。実際には、PN 符号などの疑似乱数を変調した信号を既知信号として用いている。

【0 0 3 2】位相可変部 5 1, 5 2, 5 3 は、既知信号発生部 1 1 1 が出力する既知信号から、所定の方向 θ o から到来する既知信号を生成するために、位相をそれぞれ調整した信号を生成する。位相可変部 5 1, 5 2 及び 5 3 の位相調整量は、既知信号の方向 θ o と、アンテナアレーの素子配列及び素子間隔により決定される。

【0 0 3 3】アンテナ 1 1 (又は 1 2) の 3 つの素子のそれぞれの位置ベクトルが r 1, r 2 及び r 3 で表される場合には、位相可変部 5 1 の位相調整量 φ 1, 位相可変部 5 2 の位相調整量 φ 2 及び位相可変部 5 3 の位相調整量 φ 3 は、それぞれ次式で表される。

信号と前記受信信号とを合成した信号を出力する。

【0 0 3 4】信号合成部 5 4, 5 5 及び 5 6 が出力する信号は、それぞれ振幅位相可変部 5 7, 5 8 及び 5 9 で振幅及び位相を調整された後、信号合成部 6 0 に印加される。振幅位相可変部 5 7, 5 8 及び 5 9 のそれぞれの振幅及び位相の調整量は、LMS 制御部 5 0 により制御される。信号合成部 6 0 は、振幅位相可変部 5 7 が出力

する信号、振幅位相可変部 58 が出力する信号及び振幅位相可変部 59 が出力する信号を合成して出力する。

【0035】LMS制御部 50 は、信号合成部 60 が出力する合成信号と、既知信号発生部 111 が出力する既知信号との差を最小にするのに必要な振幅及び位相値 P_1 (又は P_2) を、LMS (Least Mean Square) 法などの適応アルゴリズムを用いて、振幅位相可変部 57, 58, 59 の重み (振幅と位相値) を調整しながら探索する。

【0036】LMS制御部 50 によって求められた振幅及び位相値 P_1 (P_2) を振幅位相可変部 15 (16) に与えることにより、干渉波の影響が最小になるようにアレーアンテナ 11 (12) の指向特性を調整して送受信できる。求められた振幅及び位相値 P_1 及び P_2 は、図 1 に示す重み保存メモリ 110 に保持される。図 2 に示す処理は、多数のスロットの中から利用可能な空きスロットを探すための制御である。干渉波の影響を低減するとともに、様々な方向に存在する通信端末との間で通信を可能にするために、アレーアンテナ 11 及び 12 の指向特性の調整を自動的に実行する。

【0037】アレーアンテナ 11 及び 12 はそれぞれが指向性を有するが、この例では、アレーアンテナ 11 及び 12 の指向特性を合成した基地局の総合的な指向特性が円形に近づくように制御される。以下、図 2 に示す処理について説明する。

【0038】図 2 において、ステップ S11～S21 は第 1 送受信装置 13 に対するアレーアンテナ 11 の指向特性を調整するための処理であり、ステップ S23～S30 は第 2 送受信装置 14 に対するアレーアンテナ 12 の指向特性を調整するための処理である。第 1 送受信装置 13 に対するアレーアンテナ 11 の指向特性を調整するために、ステップ S11 では、信号選択部 30 を制御して第 1 送受信装置 13 の A/D 変換器 18 が出力する 3 系統の受信信号を、各々信号合成部 54, 55, 56 に印加する。

【0039】ステップ S12 では、所望波の代わりに利用する既知信号の到来方向 (水平面内の方向) を、予め定めた方向 θ_0 にセットする。すなわち、既知信号発生部 111 が出力する信号の位相を位相可変部 51, 52, 53 でそれぞれ調整することにより、アレーアンテナ 11 で受信される方向 θ_0 からの所望波の信号と等価な信号を生成する。

【0040】実際には、位相可変部 51, 52, 53 のそれぞれの位相調整量は、前記第 1 式、第 2 式及び第 3 式により決定される。ステップ S13 では、図 5 に示す信号合成部 54, 55, 56 において、上記既知信号と第 1 送受信装置 13 の受信信号とを合成した合成信号を生成する。ステップ S14 では、振幅位相可変部 57, 58, 59 で重み付けされた前記合成信号を図 5 に示す信号合成部 60 で合成し、3 系統の信号の総和を求め

る。

【0041】ステップ S15 では、図 5 に示す LMS 制御部 50 において、既知信号発生部 111 が出力する既知信号と、信号合成部 60 が出力する合成信号との誤差が最小になるような振幅位相可変部 57, 58, 59 の重み (振幅, 位相) を、所定の LMS アルゴリズムを用いて算出する。1 つのバーストの期間中、ステップ S13, S14, S15 の処理が繰り返し実行される。1 つのバーストの期間が終了すると、ステップ S16 から S17 に進む。ステップ S17 では、上記ステップ S15 の処理で求められた重み (振幅, 位相) を第 1 送受信装置 13 の振幅位相可変部 15 及び 16 に振幅及び位相値 P_1 として出力する。

【0042】ステップ S18 では、上記処理の対象バーストが含まれるスロットに干渉波が現れているか否かを識別する。すなわち、合成信号のレベルを所定の閾値と比較する。合成信号のレベルが閾値以下であれば干渉波が除去されているので空きスロットとみなしステップ S23 に進む。干渉波が検出された場合には、ステップ S18 から S19 に進む。ステップ S19 では、全バーストの処理が終了したか否かを識別する。全バーストが終了してなければ、ステップ S19 から S20 に進み、次バーストの探索を開始する。

【0043】全バーストの処理が終了した場合には、ステップ S19 から S21 に進む。ステップ S21 では、360 度の全方向にわたる探索処理が終了したか否かを識別する。全方向の探索処理が終了してなければ、ステップ S21 から S22 に進み、既知信号の方向 θ_0 を変更する。空きスロットを検出できないまま全方向の探索処理が終了すると、探索失敗とみなす。

【0044】アレーアンテナ 11 と第 1 送受信装置 13 を利用した上記空きスロットの探索で空きスロットを検出した場合には、ステップ S23 に進む。ステップ S23 では、第 2 送受信装置 14 に対するアレーアンテナ 12 の指向特性を調整するために、信号選択部 30 を制御して第 2 送受信装置 14 の A/D 変換器 18 が出力する 3 系統の受信信号を、各々信号合成部 54, 55, 56 に印加する。

【0045】ステップ S24 では、所望波の代わりに利用する既知信号の到来方向を、上記既知信号の方向 θ_0 とは反対の方向 ($\theta_0 + 180$ 度) にセットする。この方向 ($\theta_0 + 180$ 度) から到来する既知信号が得られるように、位相可変部 51, 52, 53 の位相調整量をそれぞれ調整する。位相可変部 51, 52, 53 のそれぞれの位相調整量は、前記第 1 式、第 2 式及び第 3 式により決定される。

【0046】ステップ S25 では、前記ステップ S13, S14, S15 と同様の処理により、アレーアンテナ 12 及び第 2 送受信装置 14 で受信された受信信号と既知信号とを合成した合成信号を生成し、合成信号と前

記既知信号との誤差を最小にするための振幅位相可変部 57, 58, 59 の重み (振幅, 位相) を、LMS アルゴリズムを用いて算出する。

【0047】1つのバーストの期間中、ステップ S 25 の処理が繰り返し実行される。1つのバーストの期間が終了すると、ステップ S 26 から S 27 に進む。ステップ S 27 では、上記ステップ S 25 の処理で求められた重み (振幅, 位相) を第 2 送受信装置 14 の振幅位相可変部 15 及び 16 に振幅及び位相値 P 2 として出力する。

【0048】ステップ S 28 では、上記処理の対象バーストが含まれるスロットに干渉波が現れているか否かを識別する。干渉波が検出されなければ、空きスロットとみなし処理を終了する (探索成功)。干渉波が検出された場合には、ステップ S 28 から S 29 に進む。ステップ S 29 では、全バーストの処理が終了したか否かを識別する。全バーストが終了してなければ、ステップ S 29 から S 30 に進み、次バーストの探索を開始する。

【0049】全バーストの処理が終了した場合には、ステップ S 29 から S 22 に進み、既知信号の方向 θ_0 を変更する。図 2 に示す処理においては、アレーアンテナ 11 及び第 1 送受信装置 13 の指向特性を決定する際に用いる既知信号の到来方向 (ステップ S 12 の θ_0) と、アレーアンテナ 12 及び第 2 送受信装置 14 の指向特性を決定する際に用いる既知信号の到来方向 (ステップ S 24 の $\theta_0 + 180$ 度) とを互いに反対の方向に決定している。

【0050】方向 θ_0 から到来する所望波と等価な既知信号を用いてアレーアンテナ 11 及び第 1 送受信装置 13 の指向特性を決定すると、その指向特性は、方向 θ_0 に向かう軸を中心とする半面のアンテナ利得が平坦化され、反対方向 ($\theta_0 + 180$ 度) の半面の中にヌル点が形成される。また、方向 θ_0 反対の方向 ($\theta_0 + 180$ 度) から到来する所望波と等価な既知信号を用いてアレーアンテナ 12 及び第 2 送受信装置 14 の指向特性を決定すると、その指向特性は、反対方向 ($\theta_0 + 180$

$$\theta_0 - 90 \leq \theta \leq \theta_0 + 90 \text{ (度)}$$

また、第 2 送受信装置 14 の指向特性を決定する際に複数の既知信号を用いる場合には、それらの既知信号の到来方向 θ を次の第 6 式を満足する範囲内に限定することにより、方向 θ_0 に向かう軸を中心とする半面にヌル点

$$(\theta_0 + 180) - 90 \leq \theta \leq (\theta_0 + 180) + 90 \text{ (度)} \cdots (6)$$

なお、この形態では受信装置および送信装置等において、各ブランチ毎の振幅や位相の不一致はないものと仮定している。これらの不一致がある場合には、あらかじめ調べてテーブル化しておくことで補正が可能である。図 1 に示す装置における発明の効果を確認するために、以下に示す計算機シミュレーションを実施した。シミュレーション対象の具体的な通信システムとしては、単一周波数で時間的に分割された 68 個のスロットを用い、

度) に向かう軸を中心とする半面のアンテナ利得が平坦化され、正面方向 (θ_0) の半面の中にヌル点が形成される。

【0051】第 1 送受信装置 13 と第 2 送受信装置 14 とに対して、互いに反対方向から到来する既知信号を用いて指向特性を決定することにより、例えば図 4 に示すような指向特性が得られる。図 4 の例では、90 度方向を中心として ± 90 度の範囲内では、第 1 送受信装置 13 の指向性が平坦であり、第 2 送受信装置 14 の指向性にはヌル点が形成されている。また、270 度方向を中心として ± 90 度の範囲内では、第 1 送受信装置 13 の指向性にヌル点が形成され、第 2 送受信装置 14 の指向性は平坦になっている。

【0052】従って、このような指向特性に調整された第 1 送受信装置 13 と第 2 送受信装置 14 とを用いることにより、360 度の全ての方向に対してアンテナ利得を低下させることなく信号の送受信が可能になる。つまり、無指向性の基地局が実現される。また、アンテナのヌル点の方向を干渉波の到来方向と一致させることにより、干渉波の影響は低減される。

【0053】所望波の到来方向と干渉波の到来方向とが近い場合であっても、所望波と干渉波とが異なるスロットで現れる場合には、第 1 送受信装置 13 と第 2 送受信装置 14 のと切替により、干渉波を低減し、所望波は低減させずに受信できる。図 2 の処理においては、第 1 送受信装置 13 及び第 2 送受信装置 14 に対する既知信号が各々 1 つだけの場合を示してあるが、互いに到来方向が異なる複数の既知信号を合成したものを用いて指向特性の振幅及び位相値を算出してもよい。

【0054】第 1 送受信装置 13 の指向特性を決定する際に複数の既知信号を用いる場合には、それらの既知信号の到来方向 θ を次の第 5 式を満足する範囲内に限定することにより、方向 θ_0 に向かう軸を中心とする半面の指向特性が均一化される。その反対側の半面にヌル点が形成される。

$$\cdots (5)$$

を形成し、その反対側の半面の指向特性を均一化できる。

【0055】

複数の基地局が異なる時間で通信することにより同時に多数の基地局が動作する TDMA 方式を仮定した。

【0056】また、基地局の置局環境としては、高さ 7 m の低アンテナ高基地局が多数配置されているエリアに、高さ H の高アンテナ高基地局が 1 つ設置された環境を仮定した。このときの、高アンテナ高基地局が通信スロットを確保できる最大のアンテナ高を、比較例として無指向性アンテナを用いた場合と、本発明のアンテナの

場合とで比較した。

【0057】各通信スロットの利用可否については、各スロットに到来する信号強度がある閾値を越えるか否かによって判定した。また、すべての基地局のスロットタイミングの同期は確立されているものと仮定した。シミュレーションの結果求められた空きスロットを確保できる最大のアンテナ高を図3に示す。計算に用いた振幅及び位相値は、図3に示す通りである。

【0058】図3を参照すると、無指向性アンテナの場合には、基地局高を12m以上にすると干渉により全てのスロットが埋るのに対し、本発明では30mまで基地局高を上げて空きスロットを確保できることがわかる。このアンテナ高の差をゾーン長に換算すると、本発明を用いた場合のゾーン長は、無指向性アンテナを用いる場合に比べて1.4倍になる。

【0059】この形態における第1送受信装置13及び第2送受信装置14の指向性の一例を図4に示す。図4を参照すると、第1送受信装置13及び第2送受信装置14が、それぞれタイミング(スロット)及び到来方向が異なる1つもしくは複数の干渉波にヌル点を形成し、しかも総合的な指向性はほぼ無指向性になっていることが確認できる。

【0060】図1に示したアレーアンテナ11、12の具体例を図10に示す。図10においては、3つのコリニアアンテナ251を水平面内に正三角形アレーを構成するように配置してある。3つのコリニアアンテナ251の素子間隔は0.42波長に定めてある。第1送受信装置13の指向性のヌル方向を第2送受信装置14で拘束する場合、ヌルの数は少ない方が望ましい。また、円形のセルを実現する上で、ヌルと反対側はできるだけ一様なパターンが望ましい。さらに、ヌル方向は任意の方向に形成することが望ましい。一方、装置構成を簡単にするためには、素子数はできるだけ少なくすることが望ましい。

【0061】例えば、公知の文献(ANTENNA ENGINEERING HANDBOOK, Chapter 5.5-4, HENRY JASIK, Editor, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1961)に示される2素子アレーの素子間隔、素子間位相差及び指向性の関係を参照すると、2素子アレーの場合、素子間隔を1/4波長とし、素子間位相差を90度にするると単一指向性を実現できるが、ヌルが相対する指向性は位置方向にしか形成できない。

【0062】一方、図10に示すような三角形配列の3素子のアレーアンテナにおいては、単一指向性を少なくとも図12に示す6方向に実現できる。すなわち、全周をカバーできるため、3素子が素子数として最適であることがわかる。図10に示すような3素子正三角形配列アレーに対して、単一指向性(ヌル方向:180度)の励振とした場合のビーム方向反対面(-90度~+90度方向)の最大利得からの利得の低下の最大値を図11

(a)に示す。

【0063】図11(a)を参照すると、2つの指向性でビーム方向が相対するパターンを重ねあわせた時の真円度として一般的な3dBを得るためには、素子間隔を0.40波長以上、かつ0.50波長以下とする必要があることがわかる。従って、3素子正三角形配列アレーで、素子間隔を0.40波長以上、かつ0.50波長以下にすると、2つの相対する指向性を重ね合せたときに、最小の素子数で真円度3dB以内の無指向性パターンが得られることがわかる。

【0064】また、図11(b)に示すように、素子間隔を0.4~0.5波長にすると、ヌル方向の反対方向に、ブロードな指向性パターンを形成できる。0.40~0.50波長は、一般に移動通信に用いられている2GHzの周波数では約6~8cm程度に相当するので、図10に示すように1つのレドーム252にアンテナ全体を収納できる。

【0065】(第2の実施の形態)この形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成と動作を図6~図9に示す。この形態は全ての請求項に対応する。図6はこの形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成の概略を示すブロック図である。図7は図6の装置における空きスロット探索処理の内容を示すフローチャートである。図8は受信される信号の例を示すタイムチャートである。図9は図6の装置における2つの送受信装置の水平面内指向特性を示すグラフである。

【0066】この形態は、前記第1の実施の形態の変形例である。第1の実施の形態と同一の構成要素及び処理ステップには、同一の符号及びステップ番号を付けて示してある。図示しない部分及び説明しない部分については、第1の実施の形態と同一である。図6を参照すると、この移動通信基地局用アレーアンテナ装置は、アレーアンテナ11、12、第1送受信装置13、第2送受信装置14及び振幅位相制御部17Bで構成されている。

【0067】振幅位相制御部17Bは、既知信号発生部111、受信レベル検出器211、レベル判定部212を備えている。第1送受信装置13及び第2送受信装置14は、振幅位相制御部17Bと接続されている。干渉波の検出のために、第1送受信装置13又は第2送受信装置14で受信された3系統の信号が振幅位相制御部17Bに入力される。

【0068】TDMA通信システムにおいては、各基地局はある決められたスロットタイミングで信号を送出する。隣接する基地局の送出タイミングが全て同期している場合には、図8(a)に示すように、干渉基地局からの送出パルスはスロット毎にきれいに収まる。しかし基地局間で同期していない場合には、図8(b)に示すように1つの干渉パルスが2つのスロットにまたがって観測される。

【0069】第1の実施の形態のように、各スロット内の全期間の受信信号を監視してアンテナの指向特性を決定する場合には、干渉波がスロット内の全体を通して現れていない限り、干渉波を抑制するための指向性制御がうまく作動しない可能性がある。

【0070】例えば、図8（b）において、スロット番号2，5，8で示されるスロットのように、スロットの途中で干渉信号がなくなると、その時点からはその干渉波の方向にヌルを向ける必要がなくなるので、スロット内を全体を探索して最終的に求まる重みは、スロット前半に到来していた干渉波を抑制しない場合がある。このような誤動作を防止するために、この形態では、図7に示す処理において、ステップS41及びS42が追加されている。ステップS41及びS42では、受信された信号のレベルを予め定めた閾値と比較する。この閾値は、干渉波の有無を識別するために利用される。

【0071】従って、図7のステップS13，S14，S15及びS25が実行されるのは、受信レベルが閾値よりも大きい場合だけである。つまり、受信した信号のうち、閾値を越える成分のみが抽出され、抽出された信号成分だけに基づいて指向性制御が実施される。この制御方法のように、受信信号があるレベル以上の場合にのみ重み探索のアルゴリズムを動作させることによって、干渉信号が到来している場合にだけアルゴリズムをきちんと動作させることができる。従って、各スロットで最後に求まる重みは、干渉方向にヌルを向けるように決定される。

【0072】この形態における発明の効果を確認するために、既に説明した図3と同じ環境でシミュレーションを行った。ただし、基地局間の信号送出タイミングは非同期で、一様の確率で送出しているものとした。また、1スロットの時間を200分割したものをシンボルと呼ぶ単位で表す。すなわち、1スロットのシンボル数は200に定めた。

【0073】第1の実施の形態のように、スロット内の全体の受信信号に基づいて重み探索を実施した場合の最終の指向性パターンを図8（a）に示す。また、図7のステップS41，S42の閾値を10dBμVに定めて、受信信号が10dBμV以上の場合にのみ重み探索を行った場合の最終の指向性パターンを図8（b）に示す。

【0074】図8において、第1送受信装置13に形成される指向性については、干渉波がスロットの途中（55シンボル目）から到来し、スロットの最後まで干渉波が到来した状態が継続するため、（a），（b）の指向性は同じである。一方、第2送受信装置14に形成される指向性については、（a），（b）に違いがある。すなわち、干渉波がスロットの途中（163シンボル目）で到来しなくなるため、スロット全ての間で重み探索を行う図8（a）の例で得られる指向性パターンは、干渉

が到来している方向とヌルとが一致していない。

【0075】一方、図8（b）に示す本発明の例では、干渉波が実際に検出された期間の信号成分のみを探索するので、干渉波の方向と指向性のヌル方向とが一致する。なお、上記第1の実施の形態及び第2の実施の形態では、使用するアレーアンテナの素子数が3の場合について説明したが、必要に応じてアンテナの素子数を変更してもよい。

【0076】また、上記第1の実施の形態及び第2の実施の形態では、既知信号と出力信号との誤差が最小になるように指向性を制御するアルゴリズムとして、LMS法を用いているが、LMS法以外のMMSE（Minimum mean square error）法を用いてもよい。

【0077】

【発明の効果】以上述べたように、本発明を用いると、隣接基地局からの干渉を低減できるため、高所に基地局が設置できるとともに円形のセルを構成することができ、従来に比べてマイクロセルの通話エリアを拡大することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成の概略を示すブロック図である。

【図2】図1の装置における空きスロット探索処理の内容を示すフローチャートである。

【図3】利用可能なスロットを確保できる最大のアンテナ高を示すグラフである。

【図4】図1の装置における2つの送受信装置の水平面内指向特性を示すグラフである。

【図5】図1の装置におけるアンテナの指向性制御系の構成を示すブロック図である。

【図6】第2の実施の形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成の概略を示すブロック図である。

【図7】図6の装置における空きスロット探索処理の内容を示すフローチャートである。

【図8】受信される信号の例を示すタイムチャートである。

【図9】図6の装置における2つの送受信装置の水平面内指向特性を示すグラフである。

【図10】アレーアンテナの具体例を示す斜視図である。

【図11】アレーアンテナの素子間隔と指向特性との関係を示すグラフである。

【図12】アンテナの水平面内指向特性を示すグラフである。

【図13】図1の装置が利用される環境における各基地局の配置例を示す平面図である。

【図14】図1の装置が利用される環境における各基地局の通話エリアの例を示す斜視図である。

【図15】図1の装置が受信する干渉波の経路の例を示す斜視図である。

(10)

特開平 1 1 - 2 4 3 3 5 9

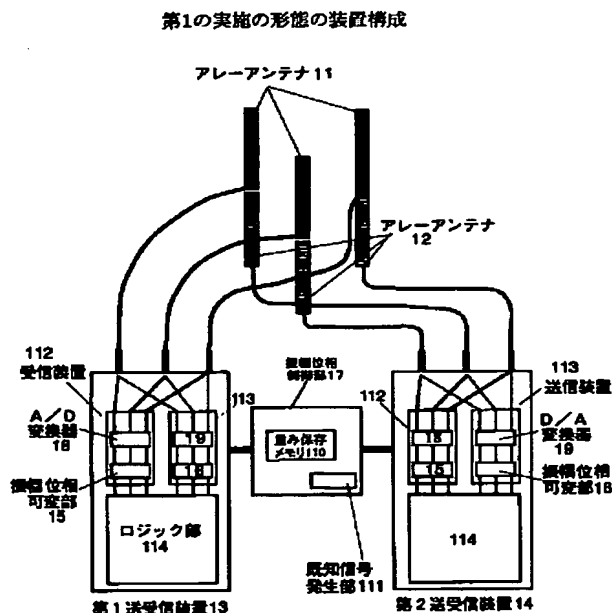
17

【図 16】 アンテナの指向特性と干渉波の到来方向の例を示す平面図である。

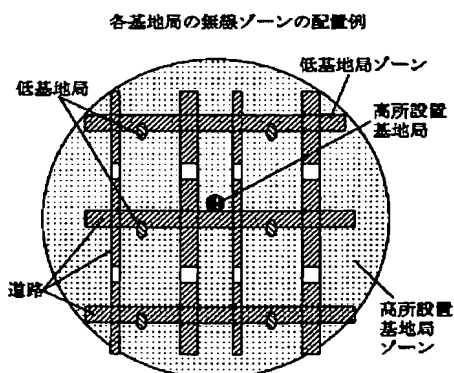
【符号の説明】

- 11, 12 アレーアンテナ
- 13 第1送受信装置
- 14 第2送受信装置
- 15, 16 振幅位相可変部
- 17, 17B 振幅位相制御部
- 18 A/D変換器
- 19 D/A変換器
- 30 信号選択部
- 50 LMS制御部
- 51, 52, 53 位相可変部

【図 1】



【図 13】

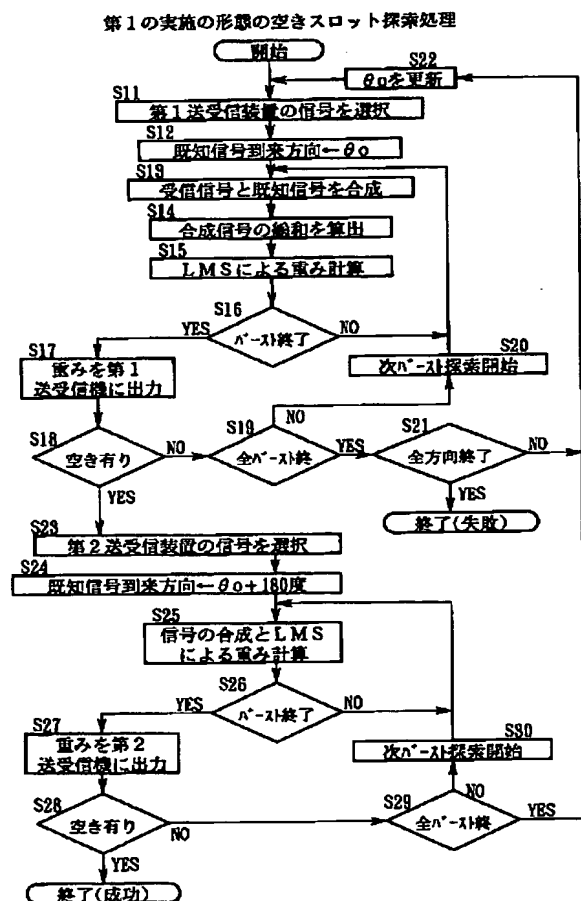


18

- 54, 55, 56, 60, 115 信号合成部
- 57, 58, 59 振幅位相可変部
- 110 重み保存メモリ
- 111 既知信号発生部
- 112 受信部
- 113 送信部
- 114 ロジック部
- 211 受信レベル検出器
- 212 レベル判定部
- 251 コリニアアンテナ
- 252 レドーム
- 253 アンテナ端子

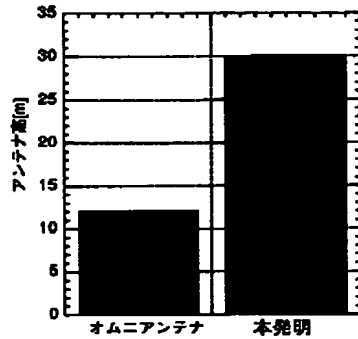
10

【図 2】



【図 3】

第1の実施の形態のシミュレーションの結果



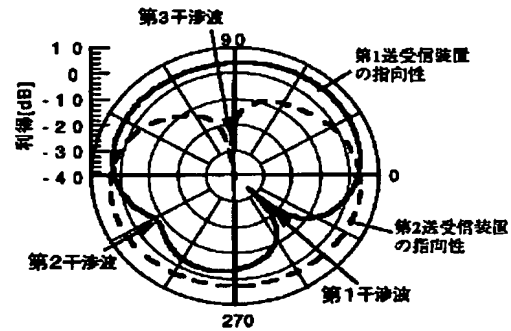
計算パラメータ

搬送波周波数	2.2GHz
低基地局	7m
高所基地局高	10m～30m
送信電力	100mW
アンテナ利得	7.5dBi
増大の受信レベル	25dB μ V (伝搬損失125dB)
基地局の受信レベル	10dB μ V (伝搬損失140dB)
基地局配置の試行回数	100回
オムニを測らす基準	最大レベルから3dB以内

伝搬損失式：市坪他，電気技報A・P96-15(1996)

【図 4】

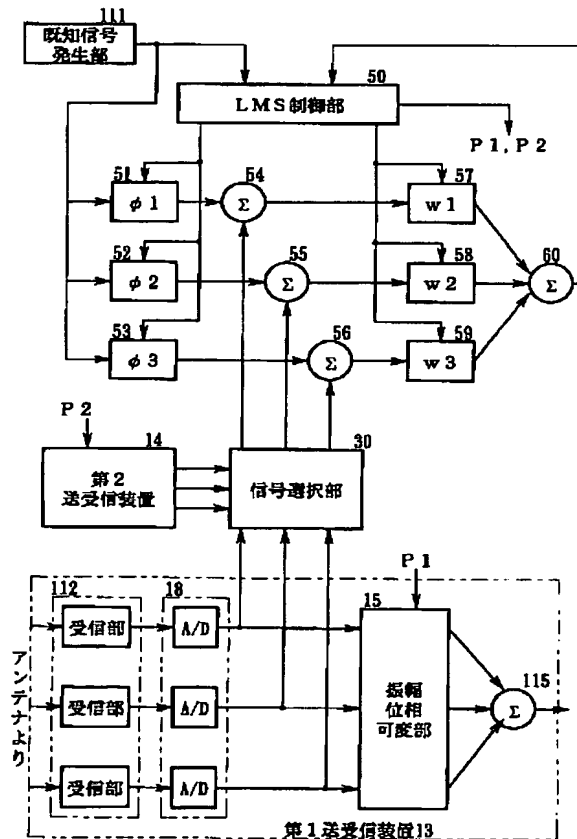
第1の実施の形態の指向特性の例



	到来方向	受信レベル	スロット番号
第1送受信装置	第1干渉波	313° 41dB μ V	8
	第2干渉波	211° 11dB μ V	
第2送受信装置	第3干渉波	95° 29dB μ V	27

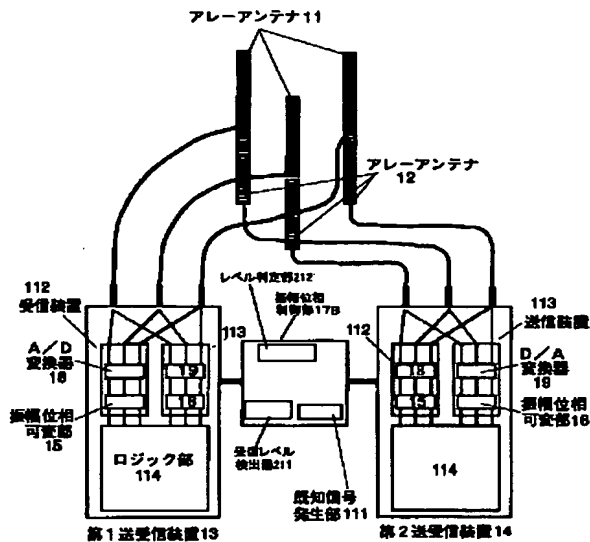
【図 5】

アンテナの指向性制御系の基本的な構成



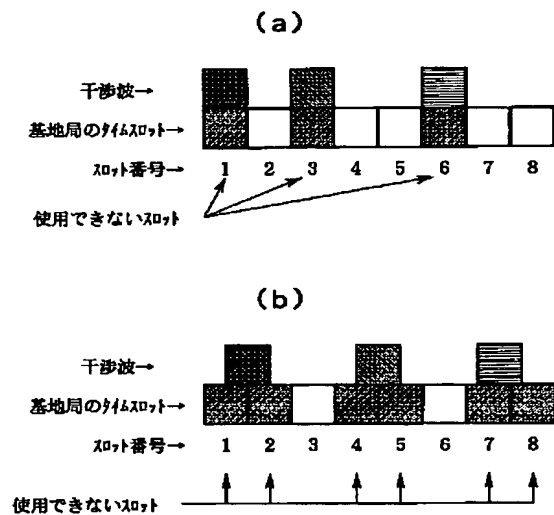
【図 6】

第2の実施の形態の装置の構成



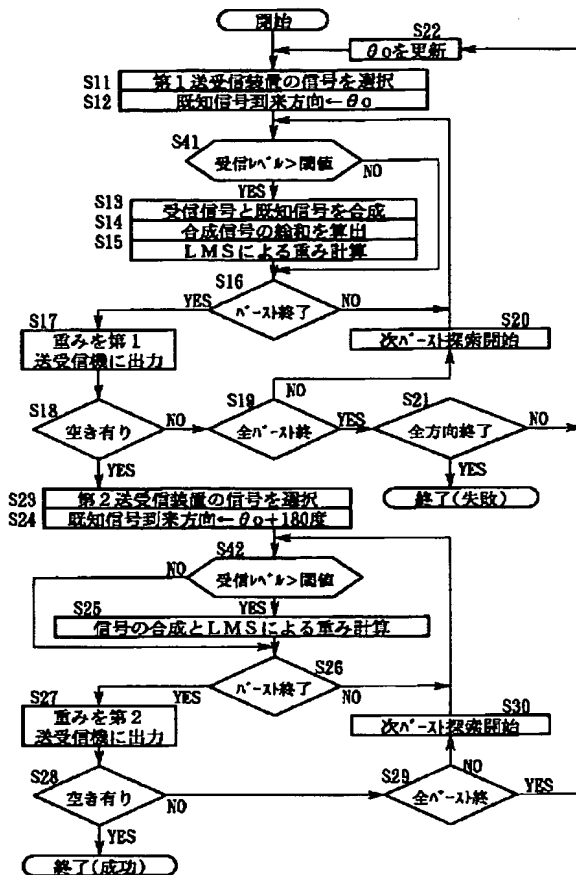
【図 8】

通信に利用するスロットと干渉波のタイミング



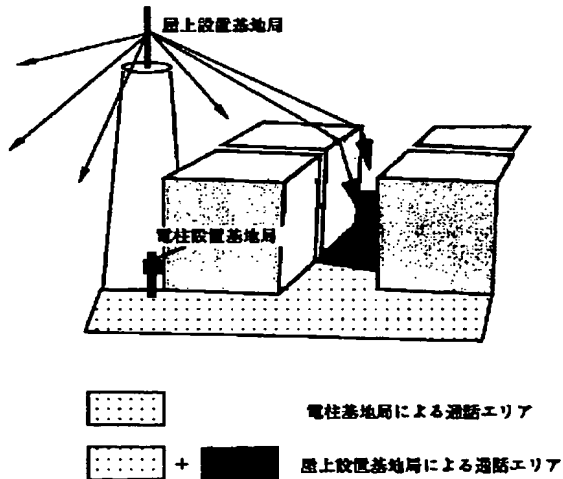
【図 7】

第2の実施の形態の空きスロット探索処理

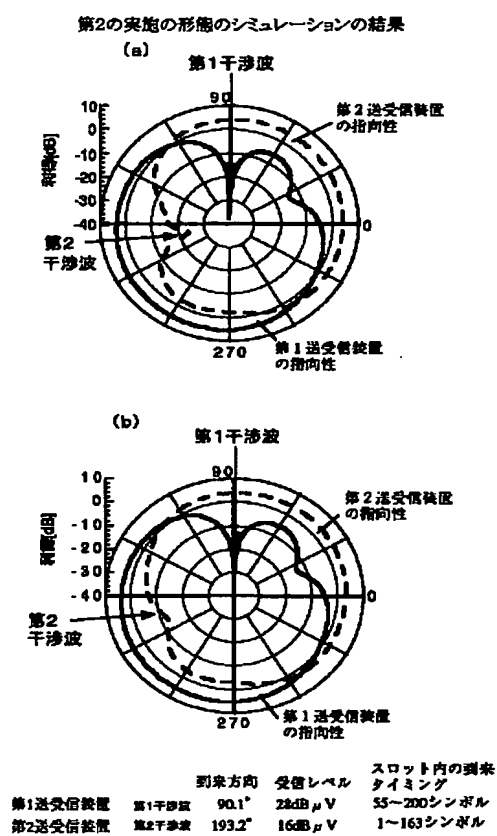


【図 14】

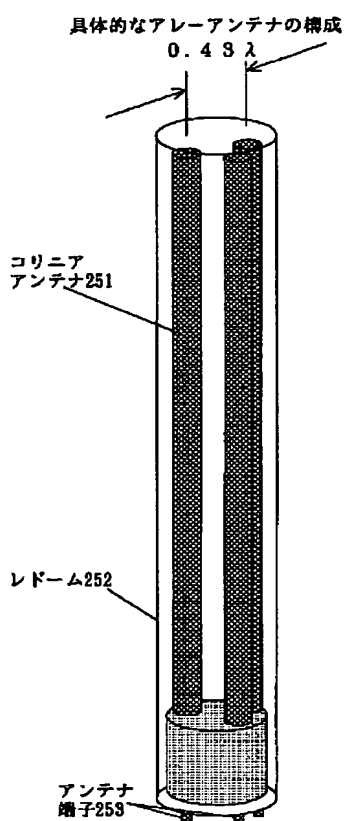
電柱基地局と屋上設置基地局の通話エリアの例



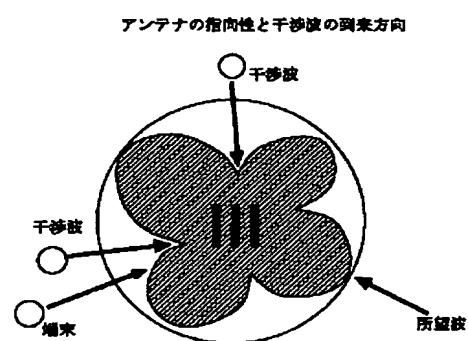
【图 9】



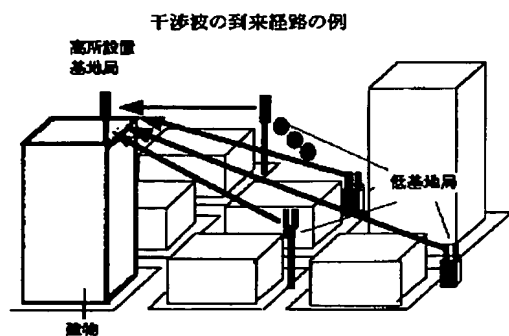
【図 10】



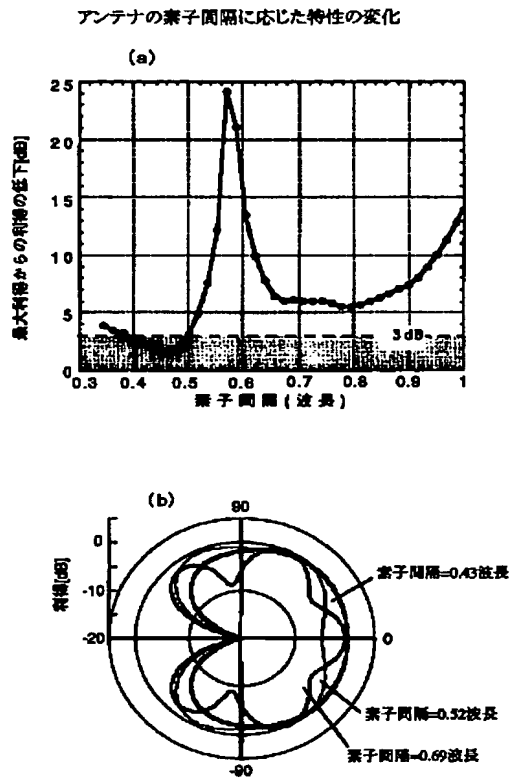
【図 16】



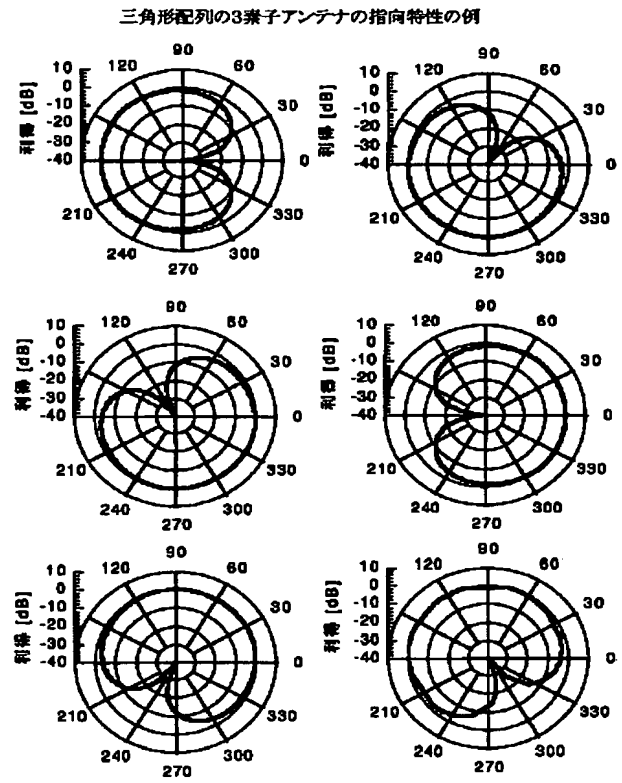
【図 15】



【図 1 1】



【図 1 2】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.